

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-325231

(43) 公開日 平成7年(1995)12月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/122

6/42

G 0 2 B 6/ 12

B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-118988

(22) 出願日 平成6年(1994)5月31日

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 楠見 之博

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

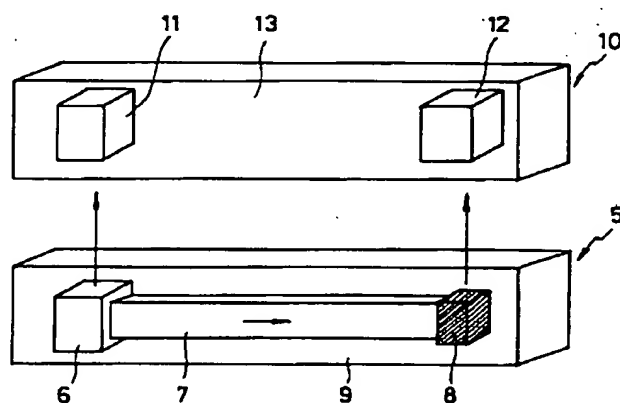
(74) 代理人 弁理士 藤巻 正憲

(54) 【発明の名称】 光情報処理装置

(57) 【要約】

【目的】 発光素子と受光素子とを対向させて配置する必要がなく、高集積化が可能な光情報処理装置を提供する。

【構成】 素子形成層5の発光素子6から出力された光信号は、素子形成層10の受光素子11に直接入力されると共に、コア7及びクラッド9により構成される光導波路及び反射鏡8を介して、素子形成層10の受光素子12にも入力される。コア7及びクラッド9は、発光素子6を構成する元素を含む2元乃至4元化合物半導体により形成され、その組成又は組成比が相互に異なっている。また、反射鏡8は、前記化合物半導体により形成され、その組成又は組成比が相互に異なる第1及び第2半導体層を積層して形成されている。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光信号を出力する発光素子と、前記光信号が通る光導波路と、複数の化合物半導体層を積層して構成され前記光導波路を通る光信号を反射してその進行方向を変更する多層膜反射鏡と、前記光導波路及び前記多層膜反射鏡を介して伝達された前記光信号を電気信号に変換する受光素子とを有することを特徴とする光情報処理装置。

【請求項 2】 前記光導波路は、コアと、このコアの周囲に配置されコアに比して屈折率が低いクラッドとにより構成され、これらのコア及びクラッドは、前記発光素子及び前記受光素子の少なくとも一方を構成する元素を含む 2 元乃至 4 元化合物半導体により形成され、その組成又は組成比が相互に異なることを特徴とする請求項 1 に記載の光情報処理装置。

【請求項 3】 前記多層膜反射鏡は第 1 及び第 2 の化合物半導体層を交互に積層して構成されており、前記第 1 及び第 2 の化合物半導体層は、前記発光素子及び前記受光素子の少なくとも一方を構成する元素を含む 2 元乃至 4 元化合物半導体からなり、その組成又は組成比が相互に異なることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光情報処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光による情報を処理する光情報処理装置に関し、特に発光素子又は受光素子が形成された素子形成層が積層された光情報処理装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光情報処理装置には、例えば光ニューロチップがある。図 12 は従来の光ニューロチップを示す模式図である（特開平 2-226127 号）。GaAs 等の化合物半導体基板 35 上には発光部 31 が設けられている。この発光部 31 は、細線状の複数の発光ダイオードアレイ 31a により構成されている。この発光部 31 上には光学的に透明な電気絶縁層 34a が形成されており、この電気絶縁層 34a 上には発光ダイオードアレイ 31a から出力された光を変調する複数の空間光変調素子 32a により構成された空間光変調部 32 が配置されている。空間光変調部 32 上には光学的に透明な電気絶縁層 34b を介して受光部 33 が配置されている。この受光部 33 は、空間光変調部 32a で変調された光を受光する細線状の複数のフォトダイオードアレイ 33a により構成されている。この光ニューロチップは、発光部 31、空間光変調部 32 及び受光部 33 を個別に形成した後、これらを基板 35 上に接合することにより製造されている。

【0003】 このように、従来の光情報処理装置においては、発光素子（発光ダイオードアレイ 31a）から出力された光が受光素子（フォトダイオードアレイ 33

2

a）に直接入力されるように、発光素子及び受光素子が相互に対向して配置され、この両者の間に光学的に透明な電気絶縁層が設けられている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した従来の光情報処理装置においては、一つの発光素子から出力された光信号が多数の受光素子に直接入射するように、発光素子及び受光素子を相互に対向させて配置しなければならないという制約がある。従って、光信号を伝達すべき受光素子の数が増加するほど発光素子の形状を大きくする必要がある。このため、従来の光情報処理装置においては、多数の発光素子及び受光素子を高集積化することが極めて困難である。また、従来の光情報処理装置においては、発光素子及び受光素子が半導体で形成されており、この両者の間を光学的に接続する光配線が絶縁体で形成されているため、発光素子、受光素子及び光配線をモノリシックに集積することができないという問題点もある。

【0005】 本発明はかかる問題点を鑑みてなされたものであって、発光素子と受光素子とを相互に対向させて配置する必要がなく、一つの発光素子から出力された光信号を同一の素子形成層又は他の素子形成層に設けられた多数の受光素子に受光させることができ、更に発光素子及び受光素子をモノリシックに高集積化することが可能な光情報処理装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る光情報処理装置は、光信号を出力する発光素子と、前記光信号が通る光導波路と、複数の化合物半導体層を積層して構成され前記光導波路を通る光信号を反射してその進行方向を変更する多層膜反射鏡と、前記光導波路及び前記多層膜反射鏡を介して伝達された前記光信号を電気信号に変換する受光素子とを有することを特徴とする。

【0007】 また、前記光導波路は、コアと、このコアの周囲に配置されコアに比して屈折率が低いクラッドとにより構成され、これらのコア及びクラッドは、前記発光素子及び前記受光素子の少なくとも一方を構成する元素を含む 2 元乃至 4 元化合物半導体により形成され、その組成又は組成比が相互に異なるようにしてもよい。

【0008】 更に、前記多層膜反射鏡は第 1 及び第 2 の化合物半導体層を交互に積層して構成されており、前記第 1 及び第 2 の化合物半導体層は、前記発光素子及び前記受光素子の少なくとも一方を構成する元素を含む 2 元乃至 4 元化合物半導体からなり、その組成又は組成比が相互に異なるようにしてもよい。

## 【0009】

【作用】 本発明に係る光情報処理装置においては、発光素子から出力された光信号は光導波路及び多層膜反射鏡を介して受光素子に入力される。従って、発光素子と受光素子とを対向させて配置しなくても、発光素子から出

3

力された光信号を受光素子に入力させることができ、発光素子及び受光素子の配置の制約をなくすことができる。これにより、発光素子から出力された光信号を同一の素子形成層又は他の素子形成層に設けられた複数の受光素子に受光させることができ、光情報処理装置の高集積化が達成される。

【0010】この場合に、前記光導波路を構成するコア及びクラッドを、前記発光素子又は前記受光素子を構成する元素を含む2元、3元又は4元化合物により形成することにより、発光素子又は受光素子とコア及びクラッドとをモノリシックに集積化することが可能になる。例えば、前記発光素子がGaAs/AlGaAsにより形成され、受光素子がGaAsにより形成されている場合に、前記コア及び前記クラッドを夫々GaAs及び $Al_xGa_{1-x}As$ （但し、 $0.1 \leq x$ ）というように相互に組成が異なる化合物半導体層で形成する。又は、前記コア及び前記クラッドを夫々 $Al_yGa_{1-y}As$ （但し、 $0 < y < 0.1$ ）及び $Al_xGa_{1-x}As$ （但し、 $0.1 \leq x$ ）というように相互に組成比が異なる化合物半導体により形成してもよい。これにより、発光素子又は受光素子と光導波路とをモノリシックに集積化することができる。

【0011】また、これと同様に、前記多層膜反射鏡を構成する第1及び第2の化合物半導体層を、前記発光素子又は前記受光素子を構成する元素を含む2元、3元又は4元化合物により形成することにより、発光素子、受光素子、光導波路及び多層膜反射鏡を全てモノリシックに集積化することができる。

【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例について添付の図面を参照して具体的に説明する。図1、2は本発明の実施例に係る光情報処理装置を示す模式図である。本実施例に係る光情報処理装置は、発光素子又は受光素子が形成された素子形成層が複数積層されて構成されている。図1に示す素子形成層13には、発光素子1及び受光素子3の両方が設けられている。コア2は、その両端部が発光素子1及び受光素子3に接続されている。また、これらの発光素子1、受光素子3及びコア2は、クラッド4に埋め込まれている。なお、クラッド4は、コア2に比して屈折率が小さい材料により形成されており、このコア2及びクラッド4により光導波路が構成されている。また、コア2及びクラッド4は、いずれも発光素子1及び受光素子2を構成する元素を含む2元、3元又は4元化合物半導体により形成されており、コア2を構成する化合物半導体とクラッド4を構成する化合物半導体とは、その組成又は組成比が相互に異なっている。図2に示す素子形成層5は、発光素子6と、この発光素子6から側方に延びるコア7と、このコア7の端部に配設された多層膜反射鏡8と、これらの発光素子6、コア7及び多層膜反射鏡8を埋め込むクラッド9とにより構成されてい

4

る。なお、コア7及びクラッド9は夫々素子形成層13のコア2及びクラッド4と同一の化合物半導体により形成されている。

【0013】この素子形成層5の上方には素子形成層10が設けられている。この素子形成層10には受光素子11、12が設けられており、これらの受光素子11、12は、クラッド4と同一の化合物半導体からなる化合物半導体層13に埋め込まれている。

【0014】図3は、多層膜反射鏡8を示す模式図である。多層膜反射鏡8は、第1の半導体層16と第2の半導体層17とを交互に積層して形成されている。また、この反射鏡8は、光導波路のコア7に対し $45^\circ$ の角度に傾斜して配設されている。第1及び第2の半導体層16、17は、いずれも発光素子6を構成する元素を含む2元、3元又は4元化合物半導体により形成されており、第1及び第2の半導体層16、17を構成する各化合物半導体は、その組成又は組成比が相互に異なっている。

【0015】次に、このように構成された光情報処理装置の動作について説明する。発光素子1から出力された光信号は、コア2及びクラッド4により構成される光導波路を伝搬して受光素子3に入力される。このように、素子形成層13においては、発光素子1から出力された光信号が前記光導波路を介して受光素子3に伝達される。

【0016】また、発光素子6から出力された光信号は、クラッド9を透過して上方へ伝搬し、受光素子11に直接入力されると共に、コア7及びクラッド9により構成される光導波路を伝搬し、反射鏡8で反射されて受光素子12に入力される。受光素子11、12は、入力された光信号を電気信号に変換する。

【0017】このように、本実施例においては、素子形成層5内の発光素子6から出力された光信号を素子形成層10の受光素子11へ直接伝達することができると共に、光導波路及び多層膜反射鏡8を介して、発光素子6の光信号が直接入射しない位置に配置されている受光素子12へも伝達することができる。つまり、本実施例に係る光情報処理装置においては、発光素子6及び受光素子12の配置に制約がなく、発光素子6から多数の受光素子へ光信号を同時に伝達する場合に、発光素子6の形状を大きくする必要がない。従って、本実施例に係る光情報処理装置においては、高集積化が可能であるという効果を奏する。

【0018】次に、本発明の実施例に係る光情報処理装置を実際に製造し、反射鏡の反射率を調べた結果について説明する。図4乃至図11は本発明の実施例に係る光情報処理装置の製造方法を工程順に示す断面図である。まず、キャリアー濃度が $10^{18} \text{ cm}^{-2}$ のn型のGaAs基板20を用意し、分子線エビタキシー（以下、MBEという）法により、このGaAs基板20上にGaAs

5

／AlGaAsヘテロ構造を積層し、発光素子として発光波長が890nmのGaAs／AlGaAs系LEDを形成すると共に、発光素子形成領域と隔離した領域に、受光素子としてGaAsフォトダイオードを形成した。

【0019】次に、図4に示すように、MBE法により、発光素子及び受光素子が形成された領域以外の領域に $Al_xGa_{1-x}As$ （但し、 $0.1 \leq x$ ）層21を形成した。その後、この $Al_xGa_{1-x}As$ 層21上に $SiO_2$ 膜を形成し、光導波路のコア及び反射鏡を形成すべき領域上の $SiO_2$ 膜を除去し、 $SiO_2$ 膜22を選択的に残存させた。そして、図5に示すように、この $SiO_2$ 膜22をマスクとして、 $Al_xGa_{1-x}As$ 層21を所定の厚さになるまで薬液によりエッチングした。この場合に、反射鏡を形成すべき部分は基板20の表面に対し $45^\circ$ の角度を有する斜面23とした。

【0020】次に、図6に示すように、反射鏡を形成すべき部分以外の $Al_xGa_{1-x}As$ 層21上に $SiO_2$ 膜22aを形成した。その後、図7に示すように、MBE法により、 $SiO_2$ 膜22、22aをマスクとして、斜面23上に、厚さが63nmの $Al_{0.1}Ga_{0.9}As$ 層と、厚さが74nmの $AlAs$ 層とを交互に25組積層して、多層膜反射鏡24を形成した。この場合に、反射鏡24の下端部は、前記コアを形成すべき領域の $Al_xGa_{1-x}As$ 層21上に若干延出させた。次に、図8に示すように、反射鏡24の斜面上に $SiO_2$ 膜25を形成すると共に、光導波路のコアを形成すべき領域上の $SiO_2$ 膜22aを除去した。その後、図9に示すように、MBE法により、 $Al_xGa_{1-x}As$ 層21上のコアを形成すべき領域に $Al_xGa_{1-x}As$ 層21aを形成し、この $Al_xGa_{1-x}As$ 層21aの表面と、反射鏡24の下端部の表面とを面一にした。また、反射鏡24上の $SiO_2$ 膜25も除去した。

【0021】次いで、図10に示すように、MBE法により、 $Al_xGa_{1-x}As$ 層21a上にGaAs膜を選択的に形成し、このGaAs膜を光導波路のコア26とした。次いで、図11に示すように、 $SiO_2$ 膜22を除去し、全面に $Al_xGa_{1-x}As$ 層21bを形成して、コア26及び反射鏡24を埋め込んだ。なお、この実施例においては、コア26の周囲の $Al_xGa_{1-x}As$ 層21a、21bが光導波路のクラッドとなる。

【0022】このようにして製造した光配線に発光波長が890nmの光を入射したところ、光の伝搬方向と直角方向に反射光が得られた。また、反射鏡24の反射率を調べたところ、発光波長が870～920nmの光に対する反射率が95%以上であった。

【0023】また、この光導波路及び反射鏡24は発光素子又は受光素子を構成する元素を含む化合物半導体で形成されているため、図11において、 $Al_xGa_{1-x}As$ 層21b上に更に発光素子、受光素子、光導波路及

6

び反射鏡をエピタキシャル成長させることができる。従って、GaAs基板上にAlGaAs系の発光素子、受光素子、光導波路及び多層膜反射鏡を有する素子形成層をモノリシックに高集積化することができる。

【0024】なお、本実施例においては、光導波路及び反射鏡の材料としてAlGaAs系化合物半導体を使用した。これらの光導波路及び反射鏡の材料としては、AlGaAs系化合物半導体以外にも、発光素子又は受光素子を構成する化合物を含む2元、3元及び4元化合物半導体等を使用することができる。例えば、 $GaAs_xP_{1-x}$ （但し、 $0.1 \leq x$ ）、 $In_xGa_{1-x}As$ （但し、 $0.1 \leq x$ ）及び $In_xGa_{1-x}As_yP_{1-y}$ （但し、 $0.1 \leq x$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）等の化合物半導体を使用しても、入力光に対して光導波路及び反射鏡として機能する組成比、層厚及び層数であれば、種々の組み合わせが可能である。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る光情報処理装置は、発光素子から出力された光信号を光導波路及び多層膜反射鏡を介して受光素子に伝達するから、発光素子と受光素子との配置の制約を除くことができる。これにより、光情報処理装置の高集積化が達成できる。

【0026】また、光導波路及び多層膜反射鏡を発光素子及び受光素子を構成する2元、3元又は4元化合物半導体により形成することにより、発光素子、受光素子、光導波路及び多層膜反射鏡をモノリシックに集積化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る光情報処理装置の素子形成層を示す模式図である。

【図2】同じくその光情報処理装置の他の素子形成層を示す模式図である。

【図3】同じくその光情報処理装置の多層膜反射鏡を示す模式図である。

【図4】本発明の実施例に係る光情報処理装置の製造方法における一工程を示す断面図である。

【図5】同じくその製造方法の他の工程を示す断面図である。

【図6】同じくその製造方法の更に他の工程を示す断面図である。

【図7】同じくその製造方法の更に他の工程を示す断面図である。

【図8】同じくその製造方法の更に他の工程を示す断面図である。

【図9】同じくその製造方法の更に他の工程を示す断面図である。

【図10】同じくその製造方法の更に他の工程を示す断面図である。

【図11】同じくその製造方法の更に他の工程を示す断

7

8

面図である。

【図12】従来の光ニューロチップを示す斜視図である。

【符号の説明】

- 1, 6; 発光素子  
2, 7, 26; コア  
3, 11, 12; 受光素子  
4, 9; クラッド  
8; 多層膜反射鏡  
5, 10, 13; 素子形成層  
16; 第1の半導体層  
17; 第2の半導体層

\* 20; GaAs基板

21, 21a, 21b;  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  層

22, 22a, 25;  $\text{SiO}_2$  膜

24; 反射鏡

31; 発光部

31a; 発光ダイオードアレイ

32; 空間光変調部

32a; 空間光変調素子

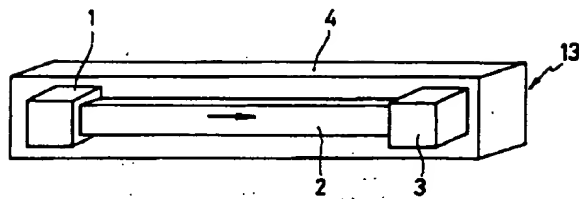
33; 受光部

10 33a; フォトダイオードアレイ

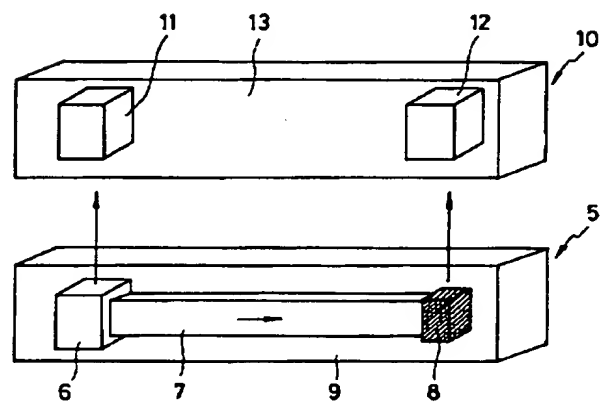
34a, 34b; 電気絶縁層

\*

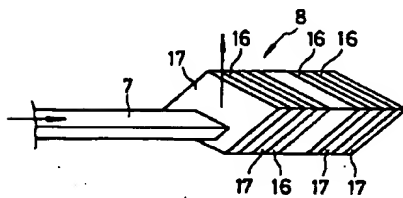
【図1】



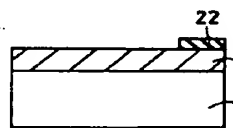
【図2】



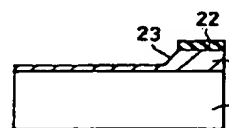
【図3】



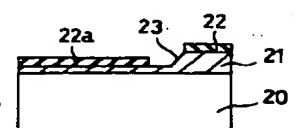
【図4】



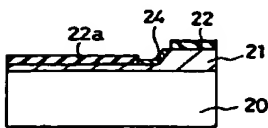
【図5】



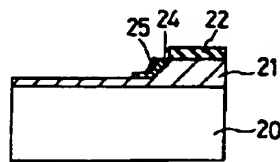
【図6】



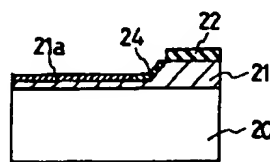
【図7】



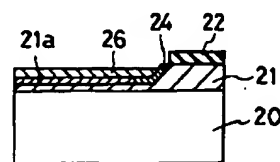
【図8】



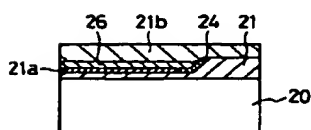
【図9】



【図10】



【図11】



【図 1 2】

